

JC03 Rec'd PCT/PTO 17 SEP 2001

## IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applicant: Hanns Rump

Serial No: Art Unit:

Filing Date:

Title: SENSOR DEVICE AND METHOD OF DEFECTING GASES OR FUMES IN AIR

PCT No.: PCT/EP00/02389 Filing Date: 17 March 2000

Priority: No.: 199 11 869.8 Filing Date: 17 March 1999 Country: Germany  
No.: 199 11 867.1 Filing Date: 17 March 1999 Country: Germany-----  
September 17, 2001

Attorney's Docket No.: MSA244

**CLAIM OF PRIORITY**

Hon. Commissioner of Patents and Trademarks

**Box PCT**

Washington, D.C. 20231

Sir:

Pursuant to Title 35, United States Code, Section 119 (1952), the undersigned hereby claims the benefit of the filing date of a prior foreign patent application forming a basis of the PCT application viz.:

Country: GERMANY

Application No.: 199 11 869.8

Date of Filing: 17 March 1999


**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

Country: GERMANY  
Application No.: 199 11 867.1  
Date of Filing: 17 March 1999.

In support of this claim, a certified copy of the aforementioned foreign patent application is believed to have been submitted by the World Intellectual Property Organization and should have been received by the United States Patent and Trademark Office prior to the expiration of 20 months from the first priority date of the application.

Respectfully submitted,

Hanns Rump

By:   
\_\_\_\_\_  
Horst M. Kasper, his attorney,  
13 Forest Drive, Warren, N.J. 07059  
Tel.:(908)757-2839 Fax:(908)668-5262  
Reg.No. 28559; Docket No.: MSA244

\*%ptn:pctnat:2(MSA244PC(September 17, 2001(tm

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

## **ABSTRACT**

The invention relates to a sensor device comprising a sensor element for detecting gases and fumes in air, as well as to a method of operating such a sensor system. The sensor element is preferably a heated metal-oxide sensor having a heating structure and a gas-sensing layer whose temperature can be kept constant by means of the heating structure and control device. To protect it against air currents the sensor element is positioned in a preferably heat-insulated casing into which gas is able to penetrate by passing through a gas-permeable diffusion layer. According to a method provided for by the invention the resistance of the heating structure, which serves as a measure of the temperature of the gas-sensing layer, is used as a reference for temperature control.

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

**PRIORITY DOCUMENT**  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)



REC'D 23 MAY 2000

WIPO

PCT

## Bescheinigung

ep 00 / 2389

Die T.E.M.! in Hausen/Deutschland hat eine Patentanmeldung unter der Bezeichnung

„Neuartige Atemschutzmaske mit Sensor-Mikrosystem“

am 17. März 1999 beim Deutschen Patent- und Markenamt eingereicht.

Die Anmelderangaben wurden berichtigt in:

T.E.M.! Technische Entwicklungen und Management GmbH in Hausen/Deutschland.

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

Die Anmeldung hat im Deutschen Patent- und Markenamt vorläufig die Symbole A 62 B, A 62 D und G 08 B der Internationalen Patentklassifikation erhalten.

München, den 7. April 2000

**Deutsches Patent- und Markenamt**

Der Präsident

Im Auftrag

Aktenzeichen: 199 11 869.8

Agur?

## Stand der Technik

Atemschutzmasken werden u.a. zum Schutz vor dampf- oder gasförmigen und gesundheitsgefährdenden Verunreinigungen der Atemluft verwendet. In den meisten Fällen handelt es sich dabei um Schutzmasken, die das gesamte Gesicht bedecken. Die Atemluft wird über auswechselbare Filterpatronen (1.9) gefiltert. Die Filterwirkung beruht in der Regel auf Adsorptionsprozessen an Aktivkohle. Die Aktivkohle der Filterpatronen ist den Erfordernissen entsprechend modifiziert und wird durch zusätzliche Staubfilter ergänzt. Die Abdichtung der Maske an der Gesichtskontur erfolgt über flexible Dichtlippen an der Maske. Die Trennung von Zuluft (Einatmen) und Abluft (Ausatmen) erfolgt in der Regel über Klappenventile (1.5, 1.6), die den Maskeninnenraum in der Luftführung in zwei Bereiche trennen, den Mund/Nasenraum, der durch die inneren Halbmaske (1.8) gebildet wird, und den Augenraum (1.4). Der Augenraum ist dabei frei von Abluft und wird bestimmungsgemäß nur von gefilterter Frischluft durchströmt, von dort gelangt die Frischluft beim Einatmen über Klappenventile (1.5) in der Trennwand zwischen den beiden Bereichen in den Mund/Nasenraum. Beim Ausatmen werden diese Ventile durch den entstehenden Überdruck geschlossen und die Abluft gelangt über zusätzliche Ventile (1.6) nach außen.

Eine ordnungsgemäße Funktion vorausgesetzt, kann eine solche Schutzmaske den Träger eine begrenzte Zeit vor der gesundheitsgefährdenden Wirkung von Luftverunreinigungen schützen. Je nach Konzentration der Schadstoffe sind die Filterpatronen aber nach einiger Zeit erschöpft und lassen in Ihrer Filterwirkung nach. Dieses Nachlassen in der Filterwirkung erfolgt allerdings nicht plötzlich, sondern je nach Konzentration langsam ansteigend. Entsprechendes ergibt sich für die Schadstoffkonzentration in der Zuluft (Atemluft). Die Filter-/Maskenhersteller empfehlen in Ihren Gebrauchsanweisungen den Filter zu wechseln, „wenn über Geruch oder Geschmack ein Nachlassen der Filterwirkung festgestellt wird“. Dieses Verfahren ist, wenn nicht gar menschenverachtend, zumindest äußerst bedenklich, da insbesondere bei langsamen Nachlassen der Filterwirkung das Adaptionsverhalten des Geruchssinns dazu führt, daß gesundheitsgefährdende Schadstoffkonzentrationen innerhalb der Maske erst sehr spät wahrgenommen werden können. Zudem sind einige toxische Gase wie z.B. Kohlenstoffmonoxid (CO) geruch- und geschmacklos, so daß diese nicht wahrgenommen werden können, sondern erst anhand ihrer toxischen Wirkung auf den menschlichen Organismus erkannt werden. Dies kann aber bereits zu ernsthaften gesundheitlichen Schäden oder sogar zum Tod führen. Ein weiteres wesentliches Problem stellt die Abdichtung der Maske mit Hilfe der Dichtlippe an der Gesichtskontur dar. Es werden zwar verschiedene Maskengrößen angeboten, dennoch ist eine zuverlässige Abdichtung bedingt durch die unterschiedlichsten Gesichtsformen nicht immer gewährleistet. Dies wird bei Bartträgern noch zusätzlich erschwert.

Recherchen haben ergeben, daß es keine verwertbaren Statistiken zu Unfällen, Gesundheitsschäden oder Todesfällen gibt, welche auf nicht ordnungsgemäß funktionierende Atemschutzmasken zurückzuführen sind. Auf Grund der geschilderten Sachverhalte und der Forderungen der Berufsgenossenschaften und Institutionen zum Arbeitsschutz kann aber davon ausgegangen werden, daß der persönliche und der volkswirtschaftliche Schaden, der durch die Folgen nicht-bestimmungsgemäß funktionierender Atemschutzmasken verursacht ist, sehr groß ist.

Es besteht also die Notwendigkeit eines Überwachungssystems, das das Eindringen von Schadstoffen in den Zuluftbereich der Atemschutzmaske zuverlässig anzeigt und damit den Nutzer vor gesundheitlichen Risiken schützt.



Es gibt zahlreiche Vorschläge einer technischen Lösung, welche aber in der Regel technisch unzureichend sind. Bisher ist jedenfalls keines der vorgeschlagenen Systeme am Markt erhältlich, obwohl eine dringende Nachfrage besteht.

In US4873970 wird eine Lösung vorgeschlagen, bei der eine Warneinrichtung mit einer elektrochemischen Zelle in einem Gehäuse zwischen Filter und Maske angebracht wird. Eine wesentlicher Nachteil dieses Lösungsansatzes ist die Tatsache, daß nur die toxischen Gase erfaßt werden können, die über den Filter in die Atemluft gelangen. Undichtigkeiten der Maske, insbesondere an der kritischen Dichtfläche zwischen Maske und Gesichtskontur können nicht erkannt werden.

Nachteilig beim Einsatz elektrochemischer Gasdetektionszellen ist, daß diese Zellen in der Regel selektiv nur auf einzelne Gase reagieren. Die Anwendung dieser Zellen setzt daher voraus, daß im Wesentlichen nur ein Gas detektiert werden muß, welches zudem bekannt sein muß. In der Praxis wird als nachteilig bewertet, daß bei verschiedenen potentiellen gefährlichen Gasen ( z.B. in der chemischen Industrie ) diese Methode auf Grund dieser Beschränkung fragwürdig ist. Im übrigen ist die Lebensdauer elektrochemischer Zellen begrenzt. Die Zellen sind sehr teuer.

In EP0447619 wird eine analoge Warneinrichtung wie in US4873970 angegeben der Erfindung liegt im wesentlichen die Aufgabe zugrunde, dem Geräteträger auch bei Lärm und schlechter Sicht den Erschöpfungszustand des Gasfilters anzuzeigen. Erfindungsgemäß wird dies dadurch gelöst, daß durch eine entsprechende Vorrichtung bei Erschöpfung des Filters der Atemwiderstand spürbar erhöht wird und somit der Geräteträger aufmerksam gemacht wird.

Neben den für US4873970 angegebenen Nachteilen kommt in EP0447619 zusätzlich hinzu, daß der durch den erschöpften Filter ohnehin schon mit Schadstoffen belastete Geräteträger noch zusätzlich mit einem erhöhten Atemwiderstand belastet wird. Da aber neben den durchbrechenden Schadstoffen aber auch lebensnotwendiger Sauerstoff durch die Widerstandserhöhung in geringerem Maße aufgenommen wird und der Geräteträger unter Umständen noch einen weiten Weg zurückzulegen hat, um den schadstoffbelasteten Bereich sicher zu verlassen oder das Filter zu wechseln, bedeutet die Erhöhung des Atemwiderstandes ein zusätzliches Risiko, das unter allen Umständen zu vermeiden ist.

In EP0535385 wird eine Lösung angegeben, bei der eine Überwachung sowohl des Filters als auch einer allgemeinen Undichtigkeit der Maske erfolgt. Dies wird dadurch erreicht, daß ein Farbumschlagsindikator auf der inneren Halbmaske angebracht wird. Hierdurch wird erreicht, daß die gesamte inhalierte Luft den Sensor passieren muß. Als Indikator ist eine Scheibe mit einem Farbumschlagsindikator vorgesehen. Farbumschlagsindikatoren haben jedoch den Nachteil, daß wiederum im voraus bekannt sein muß welches Gas detektiert werden soll. Zudem handelt es sich dabei um nicht-reversible Reaktionen die eine Mehrfachverwendung ausschließen. Entsprechendes gilt für den in GB2266467 angegebenen Lösungsvorschlag.

Die in EP0343531 und WO9612523 angegebenen Lösungsvorschläge sind ebenfalls lediglich in der Lage ein erschöpftes Filter anzuzeigen. Undichtigkeiten in der Maske oder in der Dichtfläche zum Gesicht können nicht erkannt werden.

#### Problemstellung:

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Atemschutzmaske mit integriertem Sensor-Mikrosystem anzugeben, wobei mit nur einem Sensorsystem-Mikrosystem die am häufigsten vorkommenden Schadstoffe (z.B. Dämpfe organischer Lösungsmittel (VOC), Kohlenstoffmonoxid (CO) Schwefeldioxid (SO<sub>2</sub>) Ammoniak (NH<sub>3</sub>),

und weitere) zuverlässig detektiert werden können. Neben der Erschöpfung des Filters soll aber auch jede Undichtigkeit der Maske erkannt und dem Träger signalisiert werden. Außerdem ist es zwingend erforderlich, daß das Sensorsystem zum Zwecke der Reinigung der Maske leicht entfernt und wieder montiert werden kann. Das Sensorsystem soll außerdem so gestaltet sein, daß sich die meisten im Handel befindlichen Masken nachrüsten lassen.

#### Problemösung:

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe dadurch gelöst, daß ein Mikro-Sensorsystem (5.1), bestehend aus Metalloxidsensor (5.2), Auswerteelektronik mit Mikroprozessor und integrierter Auswertesoftware (5.3) sowie einer optischen und (oder) akustischen Warneinrichtung (5.4) in einem Gehäuse integriert sind. Die Energieversorgung des Sensorsystems erfolgt über Akkumulator oder Batterie.

Für die gastechnische Verbindung von Sensor und Maskeninnenraum sind erfindungsgemäß verschiedene, alternativ verwendbare Lösungen vorgesehen.

1.) Wie in Abbildung 1 dargestellt, wird das Sensorsystem (1.1) über ein in die Außenhaut (1.2) der Maske integriertes Ansatzstück (1.10) an der Maske gasdicht befestigt. Die Befestigung erfolgt erfindungsgemäß so, daß der Sensor (1.3) gastechnisch mit dem Augenraum (1.4) der Maske in Verbindung steht. Der Augenraum (1.4) ist bedingt durch die ventilgesteuerte Luftführung (1.5, 1.6) in der Maske frei von der ausgeatmeten Atemluft des Maskenträgers und enthält nur den Teil der Luft der eingeatmet wird. Die Befestigung am Ansatzstück (1.10) erfolgt zweckmäßig über ein gasdichtes Schraubgewinde oder einen gasdichten Bajonettverschluß (1.7), so daß das Sensorsystem (1.1) zum Zwecke der Maskenreinigung oder bei Nichtgebrauch leicht und ohne Spezialwerkzeug entfernt werden kann. Bei Nichtgebrauch des Sensorsystems wird das Ansatzstück zu weiteren Verwendung der Atemschutzmaske mit einer Blindplatte gasdicht verschlossen.

2.) In den meisten Fällen verfügen Atemschutzmasken über eine Sichtscheibe (2.1) aus klarem durchsichtigem Kunststoff, die den größten Teil des Gesichtes überdeckt. In diesen Fällen kann ohne wesentliche Beeinträchtigung des Gesichtsfeldes am unteren Rand der Sichtscheibe diese so modifiziert werden, daß dort das Sensorsystem (2.2) angebracht werden kann. Der Sensor (2.3) ist dabei über eine nach außen gasdichte Öffnung mit dem Augenraum (2.4) der Maske gastechnisch verbunden. Die Befestigung des Sensorsystems (Sensor + Elektronik) erfolgt dabei ebenfalls über gasdichte Schraubgewinde (2.5), gasdichten Bajonettverschluß oder andere, dem Fachmann bekannte, ohne Werkzeug leicht zu lösende, gasdichte Befestigungen.

Die mit dem Sensorsystem (2.2) verbundenen optischen Funktions- und Warneinrichtungen (z.B. LED) (2.6) können, da sie sich direkt im Gesichtsfeld befinden, sicher wahrgenommen werden. Vorteilhaft ist bei dieser Variante, daß bei Umrüstung einer vorhandenen Schutzmaske lediglich die Sichtscheibe gewechselt werden muß.

3.) In Fällen, in denen eine Anbringung an der Sichtscheibe oder am unteren Rand der Atemschutzmasken nicht möglich oder nicht sinnvoll ist, kann wie in Abbildung 3 angegeben, das Sensorsystem (3.1) auch abgesetzt von der Schutzmaske getragen werden z.B. an den Verschlußriemen der Atemschutzmaske am Hinterkopf oder am Gürtel des Geräteträgers. Die

gastechische Verbindung zwischen Augenraum (3.4) und Sensor (3.5) erfolgt dabei zweckmäßig z.B. über eine nach außen gasdichte flexible Schlauchverbindung (3.2). Der Gastransport vom Augenraum zum Sensor kann über Diffusion erfolgen. Dies hat jedoch den Nachteil einer unter Umständen erheblichen zeitlichen Verzögerung zwischen Auftreten eines Schadstoffes im Augenraum und der Detektion durch das Sensorsystem. Es wird daher erfindungsgemäß ergänzend vorgeschlagen, daß der Gastransport zwischen Augenraum und Sensor über einen elektrisch betriebenen kleinen Ventilator (3.3) erfolgt, oder mit Hilfe einer Membranpumpe, die über die bei der natürlichen Atmung auftretenden Druckdifferenzen angetriebene wird. Eine solche über Druckdifferenzen angetriebene Membranpumpe kann vom Fachmann leicht angegeben werden. Die zum Sensor geförderte Luft wird entweder über ein Klappenventil (3.6) an die Außenluft abgegeben, oder über eine weitere Schlauchverbindung in den Augenraum zurückgeführt.

4.) Alternativ kann das Sensorsystem auch in einem Adapter (4.2) zwischen Filter (4.3) und Maske angebracht werden (Abbildung 4), hierbei ist jedoch zu beachten, daß das üblicherweise zwischen Filter und Maske innerhalb des Anschlußgewindes in der Maske befindliche Klappenventil filterseitig in den Adapter (4.2) integriert wird. Dies ist zwingend erforderlich, da ansonsten keine Undichtigkeiten der Maske selbst erkannt werden können. Der Gastransport vom Augenraum (4.6) zum Sensor (4.5) über Diffusion ist durch diese Maßnahme gewährleistet, ohne daß die sonstigen Funktionen der Maske beeinträchtigt sind.

Die Signalisierung von in die Maske, eindringenden Schadstoffen erfolgt erfindungsgemäß optisch, z.B. über Lichtquellen bevorzugt verschiedenfarbige LED. Alternativ oder ergänzend kann ein Alarm auch akustisch z.B. mit Hilfe von Schallwandlern erfolgen. Für den Einsatz, in denen die akustische oder optische Wahrnehmungsfähigkeit des Geräteträgers eingeschränkt ist, wird die Verwendung von Reizströmen vorgeschlagen, die zwar medizinisch unbedenklich sind, dem Geräteträger aber dennoch einen Alarm zuverlässig signalisieren.

Da das Sensor-Mikrosystem u.a. einen integrierten Mikroprozessor und andere elektronische Komponenten enthält, ist es denkbar, daß das System durch starke elektromagnetische Strahlung oder andere Störeinflüsse derart beeinträchtigt wird, daß eine ordnungsgemäße Funktion nicht mehr sichergestellt ist. Erfindungsgemäß werden daher die für die Funktion wesentlichen Parameter des Systems überwacht. Bei bestimmungsgemäßer Funktion wird dies durch eine sich ändernde optische Anzeige z.B. bevorzugt eine blinkende, farbige LED angezeigt. Die Ansteuerung der optischen Anzeige erfolgt dabei direkt vom integrierten Mikroprozessor. Dies hat den Vorteil, daß durch das blinken der Anzeige auch der Prozessor selbst überwacht wird.

Es sind aber auch Situationen denkbar, in denen eine Alarmsignalisierung an den Geräteträger allein nicht ausreichend ist. Dies ist z.B. möglich bei plötzlich auftretenden hohen Schadstoffkonzentrationen in der Atemluft, die den Geräteträger handlungsunfähig machen. Diese Situation kann z.B. auftreten, wenn in einer Umgebung mit hoher Schadstoffkonzentration die Atemschutzmaske unbeabsichtigt vom Gesicht entfernt wird. Für diese Fälle wird erfindungsgemäß vorgeschlagen, die Daten des Sensor-Mikrosystems (ordnungsgemäße Funktion, Gaskonzentration in der Atemluft, Alarmsignal) über eine drahtlose Datenfernverbindung, z.B. eine digital kodierte Funkverbindung an eine Zentrale zu übermitteln. Zur Fernüberwachung mehrerer Maskenträger mit Sensorsystem, können die Signale einzelner Systeme zur Unterscheidung ebenfalls unterschiedlich digital kodiert sein.

Häufig ist es erforderlich, eventuell aufgetretene Schadstoffbelastungen des Geräteträgers im nachhinein zu rekonstruieren z.B. nach Arbeitsunfällen. Für diese oder ähnliche Fälle wird erfindungsgemäß vorgeschlagen die relevanten Sensordaten (z.B. ordnungsgemäße Funktion, Gaskonzentration in der Atemluft, Alarmsignal) während der Betriebszeit des Sensorsystems in einem Digitalspeicher zu speichern (vergleichbar mit der Black-Box bei Verkehrsflugzeugen). Im Bedarfsfall können diese dann nachträglich ausgewertet werden.

Für eine weitere Ausführungsvariante der Atemschutzmaske mit Sensor-Mikrosystem ist erfindungsgemäß vorgesehen, bei Vorliegen hoher Schadstoffkonzentrationen in der Atemluft des Geräteträgers, auf einen zweiten Filter umzuschalten. Dies ist jedoch nur sinnvoll, wenn die erhöhte Schadstoffkonzentration durch ein erschöpftes Filter bedingt ist. Für zusätzliche Sicherheit auch in Fällen, in denen eine plötzliche Undichtigkeit der Maske auftritt ist ~~erfindungsgemäß vorgesehen bei Vorliegen erhöhter Schadstoffkonzentrationen automatisch ein Ventil zu öffnen, das die Innenmaske mit Luft oder reinem Sauerstoff belüftet.~~ Der erhöhte Druck treibt dabei die belastete Luft nach außen und ermöglicht dem Geräteträger, den belasteten Bereich zu verlassen oder andere Schutzmaßnahmen vorzunehmen. Die Luft oder der reine Sauerstoff stammt aus einem geeigneten Druckbehälter, der außen an der Maske angebracht ist.

Als sicherheitserhöhendes Merkmal ist ergänzend vorgesehen, die Maske mit einem zusätzlichen Sensor auszustatten, der die Luftqualität auch außerhalb der Maske überwacht. Bei Vorliegen vorgegebener Schadstoffkonzentrationen in der Außenluft kann so ein sogenannter Vor-Alarm signalisiert werden, der den Maskenträger zu erhöhter Aufmerksamkeit und Vorsicht auffordert.

#### Sensor-Mikrosystem

Das zur Detektion von in die Maske eindringenden Schadstoffen bevorzugt zu verwendende Sensorsystem ist ein Mikrosystem, bestehend aus den Komponenten Metalloxid-Sensor (5.2), Elektronik, Mikroprozessor mit integrierter Software (5.3) zur Steuerung und Auswertung des Sensorelementes

Bei dem in dem Mikrosystem zu verwendenden Sensorelement handelt es sich bevorzugt um einen beheizten Metalloxid-Sensor, bestehend aus einer Heizstruktur und einer gassensitiven Wirkschicht, deren Impedanz sich bei Änderung der Gaszusammensetzung ändert.

Die sensitive Wirkschicht des Sensors ist bevorzugt aus Zinndioxid, wobei die Temperatur der Wirkschicht mit der Heizschicht und einer elektrischen Regeleinrichtung auf konstante Werte gehalten werden kann. Andere oxidische Wirkschichten sind denkbar.

Der Heizer ist bevorzugt aus einer Platinstruktur. Der elektrische Widerstand dieser Heizstruktur ist ein Maß für die Temperatur der Sensorwirkschicht, und wird als Temp. Referenz für eine Regelung genutzt. Es sind aber auch andere Materialien als Platin möglich

Die Temperatur des Sensorelementes wird darüber hinaus gezielt beeinflusst, indem der Regelgröße „Sensortemperatur“ weitere Störgrößen hinzugefügt werden.

Das Sensorgehäuse ist bevorzugt aus Metall, welches durch einen geeigneten Isoliermantel thermisch isoliert ist. Der Gaseintritt in das Gehäuse zur gassensitiven Struktur erfolgt durch Diffusion durch eine gasdurchlässige Schicht bevorzugt aus Sintermaterial hindurch, ( z.B. Glas oder Metall ).

Der Sensor ist bevorzugt auf einem gemeinsamen Trägersubstrat montiert, auf welcher sich die Komponenten für Analog-/Digitalwandlung, Signalverarbeitung und Heizungsteuerung befinden.

Die Auswertung erfolgt durch Vergleich des jeweils aktuellen Sensorsignals mit einem berechneten Referenzwert, der aus dem gewichteten Durchschnittssignal der Sensorwerte gebildet wird und der sich an die jeweilige Situation adaptiert.

Der in dieser Erfindung angegebene Sensor des Sensorsystem ist ein elektrischer Halbleiter. Alle Halbleiter ändern z.B. ihren Widerstand u.a. mit der Temperatur. Aus diesem Grunde ist es notwendig, die jeweils vorgegebene Temperatur dieser gassensitiven Halbleiterschicht in engen Grenzen stabil zu halten. Zusätzlich ändern sich mit der Temperatur die Reaktionsgeschwindigkeiten und Empfindlichkeit des Sensorelementes in Bezug auf die Zielgase, so daß bei unterschiedlichen Temperaturen sich die Kennlinien gegenüber den verschiedenen Gasen erheblich unterscheiden können.

Zu diesem Zweck sind bereits Temperatur-Regelungen von Sensoren bekannt. Einige nutzen vorteilhaft die Tatsache aus, daß die Sensoren Heizungsstrukturen aus Platin oder einem anderen Material mit ausgeprägtem Temperatur-Koeffizienten haben. Dem Fachmann sind Methoden bekannt, wie derartige Heizer so angesteuert werden können, daß der Heizer als IST-Referenz eingesetzt wird.

Figur (7) zeigt eine typische Schaltung, welche ähnlich in der bevorzugten Lösung eingesetzt wird. Dabei ist 7.1 der Sensor, welcher eine Heizung und eine gassensitive Schicht enthält. Der Heizer wird elektrisch über einen Außenwiderstand angesteuert, welcher so dimensioniert ist, daß der Stromfluß keinesfalls die Soll-Temperatur erreichen wird. Vielmehr wird periodisch von einer zentralen Steuer- und Regelkomponente (7.3), vorteilhaft als integrierter Mikrocontroller ( $\mu C$ ) ausgebildet, über eine Steuerleitung (7.4) ein Impuls auf ein Schaltelement (7.5) gegeben, welcher einen energiereichen Schaltimpuls auf die Sensorheizung gibt.

Nach dem Abschalten dieses Impulses wird die Spannung über einen A/D-Wandler (7.6) gemessen, die am Spannungsteiler zwischen Sensorheizer und Außenwiderstand (7.2) abgegriffen wird.

Ist die Spannung zu hoch (Sensorheizer ist zu hochohmig, also ist die Sensortemperatur zu hoch), wird die Anzahl der Heizimpulse bei den nächsten Perioden verringert.

Sollte die Spannung zu klein sein (Sensorheizer ist zu niederohmig, also ist die Sensortemperatur zu niedrig), wird die Anzahl der Heizimpulse bei den nächsten Perioden erhöht.

Die Impedanz der gassensitiven Wirkschicht des Sensors wird ebenfalls mit dem  $\mu C$  und einer geeigneten Software gemessen und steht damit als Signal zur Auswertung zur Verfügung. Im einfachsten Fall wird lediglich der ohmsche Widerstand gemessen.

Abbildung 8 verdeutlicht die Temperaturverteilung an einem Sensor

Selbst wenn die Temperatur des Hezelementes (8.2) absolut konstant wäre, kann damit trotzdem keine konstante Temperatur der gassensitiven Schicht (8.3) unter allen Umständen erreicht werden, weil der Temperaturgradient zwischen der Lufttemperatur (8.4), der vom Sensorsubstrat (8.1) abgestrahlten Wärme bzw. über Luftströmung an die Luft abgegebene Wärme extrem ist.

Wenn die Temperatur des Heizers auf z.B. 350°C eingeregelt ist, kann die Temperatur der Umgebungsluft in der Praxis zwischen -40°C und +80°C schwanken.

Aufgrund des Temperaturgradienten zwischen Umgebung und Sensorschicht ist an der Oberfläche der gassensitiven Schicht daher eine vom Heizer abweichende Temperatur ( $T_s < 350^\circ C$ ) feststellbar, welche typisch kleiner als der Sollwert ist.

Die über das Substrat an die Umgebung abgegebene Energie ist zum einen eine Funktion des Temperaturgradienten, andererseits eine Funktion der Luftgeschwindigkeit relativ zum Sensorelement.

Bei den in einer Atemschutzmaske zwangsläufig auftretenden Luftbewegungen in der Nähe des Sensorelementes verschärfen sich die geschilderten Temperaturgradienten zwischen

1. dem auf konstante Temperaturen gehaltenem Heizer,
2. der sensitiven Schicht und der
3. Temperatur der Umgebungsluft.

Daher wird man trotz aufwendiger elektronischer Regelungen in der Praxis immer erhebliche Schwankungen des Sensorwiderstandes in Normalluft feststellen, was in der Vergangenheit den Einsatz von Halbleitersensoren erheblich eingeschränkt hat, da der Grundwiderstand der gassensitiven Schicht mit der Temperatur massiv schwankt.

#### **Erfindungsgemäße Lösung:**

Ideal wird das Gassensor-Element in einem thermisch zur Umgebung isolierten Gehäuse angeordnet, welches lufttechnisch verschlossen ist und Luftbewegungen außerhalb dieses Gehäuses keinen Zutritt zum beheizten Sensorelement gestattet.

In diesem Raum bildet sich nach einiger Zeit ein thermisches Gleichgewicht zwischen dem Sensorheizer, dem Trägersubstrat als Wärmespeicher und der gassensitiven Wirkschicht, weil auch die Luft in der Umgebung auf ein höheres Niveau aufgeheizt wird und der Temperaturgradient zwischen Luft und Sensor damit verkleinert wird.

Gase gelangen in das so gebildete Sensorgehäuse durch eine semipermeable Sperre, welche z.B. aus feinstkapilarem Kunststoff ( Teflon, gereckte Folien etc. ) oder aber aus einem Sinterkörper aus Metall, Kunststoff oder Glas oder Keramik bestehen kann.

Energie transportierende Luftbewegungen durch die semipermeable Schicht hindurch sind ausgeschlossen oder zumindestens sehr stark eingeschränkt.

Aufgrund der unterschiedlichen Partialdrücke innerhalb und außerhalb der Sensorkavität diffundieren Gase in die Kavität hinein bzw. hinaus.

Figur 6 zeigt die erfindungsgemäße Ausbildung des Gassensors: In einem kleinen Gehäuse (6.1) - bevorzugt aus Metall - befindet sich ein Gassensor-Element (6.2). Die Anschlußdrähte des Sensorelementes (6.4) werden gasdicht durch den Gehäuseboden geführt. Bevorzugt erfolgt dies, indem die Anschlußdrähte in eine den Gehäuseboden bedeckende Glasschicht (6.9) eingeschmolzen sind.

Das Gehäuse ist mit einem Mantel (6.8) umgeben, welcher das Gehäuse thermisch isoliert.

Nach außen ist das Gehäuse durch eine Barriere (6.7) abgeschlossen. Diese Barriere ist ebenfalls eine thermische Isolation und unterbindet jegliche Luftzirkulation. Gase können diese Barriere nach dem Diffusionsprinzip durchdringen.

Vorteilhaft wird durch die neuartige Kombination eines isothermisch betriebenen Gassensors und einer sehr exakten Heizungs-Regelung erreicht, daß sich in einem sehr weiten

Temperaturbereich keinerlei Auswirkungen der Umgebungstemperatur auf den Sensorwiderstand in Normalluft mehr zeigen.

Ein weiterer Vorteil ist, daß der Energiebedarf des Sensorelementes durch den erfindungsgemäßen isothermischen Aufbau des Gehäuses erheblich verringern läßt, was beim Betrieb mit Batterien von großer Wichtigkeit und Vorteilhaftigkeit ist.

### Signalauswertung

Es ist bekannt, Sensorsignale derart auszuwerten, daß die aktuellen Signale des Sensors mit einem über eine bestimmte Zeit ermittelten Mittelwerte der vergangenen Sensorsignale verglichen werden.

Treten plötzliche Ereignisse auf, lassen sich diese mit dieser Methode sehr gut detektieren. Langsame und / oder nur kleine Änderungen des Sensorwiderstandes führen dagegen zu keinen Auswertungen.

Fig. 9 verdeutlicht diese Methode. Das aktuelle Sensorsignal (9.1) wird über eine bestimmte Zeit gemittelt und mit einem konstanten Wert addiert, so daß sich ein geringfügig oberhalb des Sensorsignals liegendes Signal (9.2) ergibt. Treten Ereignisse (9.3; 9.4) auf, die den Wert des aktuellen Sensorsignals auf Werte oberhalb der Schwelle (9.2) verändert, wird ein Signal (9.3; 9.4) ausgelöst.

Vorteilhaft werden langsame Änderungen des Sensorwertes, die entweder aus einem Driftverhalten des Sensors selbst stammen können oder aber aus der durchschnittlichen Qualität der Umgebungsluft stammen können, ignoriert.

Vielmehr wird beim Auftreten von plötzlichen Konzentrationserhöhungen oxidierbarer Gase in der Umgebungsluft zuverlässig ein Signal generiert.

In vielen Fällen ist es aber sehr wichtig, daß der langsame Anstieg von Gaskonzentrationen sicher detektiert wird. Dies ist z.B. wichtig bei der Überwachung innerhalb der Atemschutzmaske, weil z.B. bei der Sättigung des Filters dieser typisch nicht plötzlich seine Funktion verliert, sondern die Abscheideleistung des Filters schleichend schlechter wird.

Auch könnte sich die Konzentration toxischer Gase sehr langsam erhöhen, was auf jeden Fall detektiert werden muß.

Wie mit Fig. 9 erläuterte Methode kann daher nicht ohne weiteres angewandt werden.

Erfindungsgemäß wird daher vorgeschlagen, die Heizleistung durch eine zusätzliche Größe (zur Temperatur) zu beeinflussen. (Regelungstechnisch wird eine Störgrößen-Aufschaltung vorgenommen).

Die erfindungsgemäße Idee geht von der Beobachtung aus, daß Änderungen der elektrischen Parameter der Sensor-Wirkschicht (Widerstand, Kapazität, Induktivität) sowohl vom Angebot oxidierbarer oder reduzierbarer Gase stammen können, als auch das Ergebnis von Schwankungen der Luftfeuchte oder der Temperatur sein können.

Im Nachfolgenden sei der Einfachheit halber nur die Arbeit mit oxidierbaren Gasen beschrieben. (reduzierbare Gase verhalten sich prinzipiell invers, erhöhen also z.B. den Sensorwiderstand, wogegen oxidierbare Gase diesen verkleinern).

Die beschriebene erfindungsgemäße Lösung gilt insofern sinngemäß, wenn auch invers, für reduzierbare Gase.

Fig. 10 beschreibt den Wirkungszusammenhang. Dabei ist 10.8 das Sensorsignal ohne veränderte Heizleistung (10.2). 10.3 ist die Heizleistung mit Störgrößenaufschaltung und 10.4 ist das Sensorsignal, das sich mit beeinflusster Heizleistung ergibt.

Zu Beginn hat der Sensor in Normalluft einen Sensorwert (10.a) bei einer Heizleistung von (10.b).

Anschließend wird der Sensor mit einem Gasimpuls beaufschlagt. Ohne Beeinflussung der Heizleistung (10.2) kommt der Sensor nach Ende des Gasimpulses erst nach längerer Zeit auf den Ausgangswert zurück (10.8).

Wird dagegen die Heizleistung immer dann z.B. proportional im Sinne einer Temperaturerhöhung nachgeführt (10.3), wenn der Sensorwert sich vom Normalwert entfernt, kommt der Sensorwert signifikant schneller auf den Normalwert (10.4) zurück.

Wichtig ist im Zusammenhang, daß im Falle einer tatsächlich am Sensor anstehenden Gaskonzentration die Reaktionen der sensitiven Wirkschicht mit dem Gas auf jeden Fall stattfindet und daß die gasinduzierte Verminderung des Sensorwertes unabhängig von der Anhebung der Sensortemperatur den gleichen Verlauf nimmt wie eine ansonsten identische Versuchsanordnung ohne Temperaturnachführung.

Wird die Reaktion des Sensorwiderstands von z.B. einer Änderung der Luftfeuchte oder einer Änderung der Lufttemperatur verursacht, hat dies ohne Beeinflussung der Heizleistung erhebliche und anhaltenden Einfluß auf den Sensorwert (10.5).

Wenn bei Beginn der Einwirkung die Heizleistung beeinflusst wurde, ist der Veränderung des Sensorwertes (10.6) nicht nur viel geringer, sondern auch zeitlich deutlich kürzer.

Erfindungsgemäß wird daher vorgeschlagen, die Heizungsregelung des Sensors so auszulegen, daß die Führungsgröße des Heizungsreglers die Temperatur ist, und daß eine Störgröße auf die Regelung aufgeschaltet wird, die sich aus der Abweichung des aktuellen Sensorwertes von einem Normalwert bei Normalluft ableitet.

Da entsprechend Fig. 7 sowohl Signalverarbeitung als auch Heizungsregler von einem einzigen, im Sensorsystem integrierten Mikroprozessor gesteuert werden, ist eine Kopplung der jeweiligen Datenkreise relativ einfach und dem Fachmann nach Anleitung durch die Lehre dieser Erfindung ohne weiteres möglich.

Das vorteilhafte Ergebnis der erfindungsgemäßen Lehren

- a) isothermisches Gehäuse
- b) Gaszutritt zum Sensor ohne Luftbewegung durch Diffusion
- c) Heizung des Sensorelementes durch Regelung der Temperatur, wobei dem Regelkreis als Störgröße die relative Abweichung des aktuellen Sensorwiderstandes von Widerstand des Sensorelementes unter Normalbedingungen aufgeschaltet wird

ist, daß das Sensorsignal schnell und fast ausschließlich dem faktischen Gehalt an oxidierbaren Luftinhaltsstoffen folgt und weitaus weniger Drifterscheinungen als bisher bekannt aufweist.

Wird dieses Ergebnis einer Auswertung zugeführt, die ähnlich Abbildung 9 den aktuellen Sensorwert mit einem über die Zeit ermittelten Durchschnittswert vergleicht, kann dann von deutlich geringeren Schwankungen des Sensorwertes unter Normalbedingungen ausgegangen werden. Dies insbesondere dann, wenn das System nach einiger Zeit stabil geworden ist.



Erfindungsgemäß wird daher weiter vorgeschlagen, daß die Zeiten, in denen der Vergleichswert zum aktuellen Sensorwert als Durchschnittswert ermittelt wird, nicht konstant sind, sondern im Laufe der Betriebszeit des Systems immer länger werden.

Dabei wird der erste Durchschnittswert aus einem relativ kurzem Zeitraum gewonnen. Dies, weil unmittelbar nach dem Einschalten das System zwangsläufig hohen eigendynamischen Schwankungen unterliegt. Nach der Einschaltphase wird diese Zeitspanne erhöht und erreicht schließlich im eingeschwungenen Zustand eine sehr lange Zeitpanne

Da der Durchschnittswert prinzipiell genau auf der Linie des aktuellen Sensorwertes liegen kann, wird vom errechneten Durchschnittswert ein bestimmter Betrag abgezogen, um den sogenannten Referenzwert zu bilden.

~~Erfindungsgemäß ist der in Abzug zu bringende Betrag der in der Anfangsphase sehr groß, so daß der Referenzwert einen großen Abstand zum Sensorwert hat.~~

Dies ist wichtig, um zu verhindern, daß im nicht-eingeschwungenem Zustand Signale ausgelöst werden, obwohl tatsächlich keine signifikante Gaskonzentrationsänderung auftritt.

Im weiteren zeitlichen Verlauf wird der Betrag successive verkleinert, so daß im eingeschwungenen Zustand sich der Referenzwert immer mehr dem Sensorwert annähert.

Es können im Zusammenhang weitere Verfeinerungen eingeführt werden. z.B. wird vorgeschlagen, nach heftigen gasinduzierten Sensorreaktionen den Schwellwert wieder auf einen größeren Abstand zum Sensorwert zu bringen, weil erfahrungsgemäß heftige Reaktionen des Sensors zu zeitweilig instabilen Sensorverhältnissen führen.

Es wird weiter vorgeschlagen, die Berechnung des Durchschnittswertes wieder in kürzeren Zeiträumen zu berechnen, wenn eine gasinduzierte starke Sensorsignaländerung eingetreten ist.

~~Es wird weiter vorgeschlagen, die Berechnung des Durchschnittswertes für den Zeitraum auszusetzen, wenn eine gasinduzierte Sensorsignaländerung auftritt.~~

Trotz der geschilderten Maßnahmen könnte der tatsächliche Gaspegel derartig langsam ansteigen, daß er langsamer als die Berechnung des Durchschnittswertes erfolgt.

Insofern könnten sich langsam erhebliche Gaskonzentrationen ausbilden, ohne daß die vorstehend beschriebene Auslösebedingung erfüllt wäre, demnach das aktuelle Sensorsignal einen kleineren Wert annimmt als der rechnerisch ermittelte Referenzwert.

Darum wird erfindungsgemäß vorgeschlagen, daß für den Referenzwert ein Minimalwert festgelegt ist und der Referenzwert niemals kleiner werden kann als dieser festgelegte Minimalwert.

Der Minimalwert ist so gewählt, daß durch sensorbedingte Schwankungen diese Grenze nicht erreicht wird, andererseits die Gaskonzentrationen, die diesem Sensorwert zugeordnet werden können, noch keine dauerhaften Schäden auf den Menschen haben. Kommt es zu sprunghaften Änderungen der Feuchte oder der Temperatur, wie es bei körperlicher Anstrengung des Masketrägers auftreten kann, wird bei Einsatz der Lehre dieser Erfindung die Auswirkung dieser Einflüsse auf den Sensorwiderstand absolut kleiner und nur vorübergehend sein.

Trotzdem kann es zu einer irrtümlichen Signalauslösung kommen, die dann ein unerwünschter Fehlalarm wäre.

Erfindungsgemäß wird daher eine zeitlich versetzte Auswertung vorgeschlagen. Unter dem Sensor-Normpegel liegt ein Referenzwert, wenn ein Gasimpuls den Sensorwert um einen bestimmten Betrag verringert, wird der Referenzwert unterschritten. Damit wird eine Art

„stiller Voralarm“ ausgelöst. Erst, wenn nach Ablauf einer vorgegeben Zeit des Voralarms immer noch das Schaltkriterium erfüllt ist, wird ein gültiges Alarmsignal ausgelöst.

Kommt es dagegen zu einem sehr kurzfristigen und daher praktisch zu vernachlässigenden Gasimpuls oder kommt es zu einem durch die Lehre der Erfindung zu kompensierenden Feuchteimpuls ähnlich (10.6), wird es keinen Fehlalarm geben.

Erfindungsgemäß wird vorgeschlagen, die Zeitspanne des Voralarms nicht fest zu definieren, sondern als Funktion der Schnelle der Sensorsignal-Änderung oder als Funktion des absoluten Änderungsbetrages über die Zeit aufzufassen.

Wenn also innerhalb einer festgelegten Zeitspanne eine sehr große Sensorsignaländerung eingetreten ist, kann die Zeitspanne des Voralarms verkürzt werden.

~~Dies ist vorteilhaft, um bei tatsächlich plötzlich auftretenden großen Gaskonzentrationen die Zeit bis zur Alarmauslösung so kurz wie möglich halten zu können.~~

Ein ähnliches Ergebnis kann erreicht werden, wenn das Sensorsignal über einen Zeitraum von z.B. 20Sek. und über einen Zeitraum von z.B. 300sek. gemittelt wird.

Vom längeren Durchschnittswert wird wie vorerwähnt ein bestimmter Betrag von z.B. 2% des Normalwertes o.ä. abgezogen. Die so ermittelten Werte werden miteinander verglichen. Ein Alarm wird dann ausgelöst, wenn der kürzere Mittelwert kleiner wird als der über einen längeren Zeitraum minus Festbetrag ( z.B. 2% ) gemittelte Wert.

$$\frac{S_1 + S_2 + S_3 + \dots + S_n}{n} - \left( 0.98 * \frac{S_1 + S_2 + S_3 + \dots + S_{(10*n)}}{10 * n} \right) = Y$$

Das Schaltkriterium ist erreicht, wenn der Wert Y negativ wird.

Häufig ist es aber nicht sinnvoll zur Bildung eines Referenzwertes, lediglich einen konstanten prozentualen Anteil vom Mittelwert abzuziehen, da die Sensorkennlinie (Sensorsignal in Abhängigkeit von der Gaskonzentration) in der Regel nicht-linear ist.

Für den Fall, das der ohmsche Widerstand der gassensitiven Wirkschicht als Sensorsignal verwendet wird bedeutet dies, daß z.B. 10ppm (parts per million) eines bestimmten Gases abhängig vom Grundwiderstand der sensitiven Wirkschicht unterschiedliche Widerstandsänderungen bewirken. So ist z.B. bei niedrigem Grundwiderstand die durch 10ppm eines Gases bedingte relative Widerstandsänderung wesentlich kleiner als bei hohem Grundwiderstand. Dieser Tatsache kann berücksichtigt werden, indem erfindungsgemäß die Sensorkennlinien verschiedener Zielgase in der Berechnung des Referenzwertes auf Grundlage des ermittelten Mittelwertes berücksichtigt werden.

Besonders kritisch ist der Einsatz des beschriebenen Sensorsystems wenn das System in Betrieb genommen wird, wenn bereits eine erhebliche Gasbelastung vorliegt. Da das System aber keine Absolutkonzentrationen messen kann, sondern lediglich Änderungen (bezogen auf den Referenzwert) innerhalb des Beobachtungszeitraumes erfassen kann, würde das System keinen Hinweis (Alarm) auf die tatsächlich vorliegende Gasbelastung liefern. Erfindungsgemäß wird diese Problemstellung dadurch gelöst, daß die Temperatur der sensitiven Wirkschicht kurzzeitig erhöht wird. Die Temperaturerhöhung bewirkt zum einen eine Verschiebung des Reaktionsgleichgewichts innerhalb der Sensorschicht, die sich in einer Veränderung des Sensorsignals zeigt, zum anderen wird der Sensor kurzzeitig auf einer anderen (temperaturabhängigen) Kennlinie betrieben. Die Erfassung und Auswertung der Sensorsignale vor, während und nach der kurzzeitigen Temperaturerhöhung ermöglicht Rückschlüsse auf eine eventuell vorliegende Gasbelastung.

T.E.M.-GmbH

12 15.04.2000 63840 Hausen

Neuartige Atemschutzmaske mit Sensor-Mikrosystem

15.03.99

## Ansprüche:

1. Atemschutzmaske mit zum Zwecke der Maskenreinigung leicht entfernbarem Sensor-Mikrosystem, bestehend aus Sensor, Elektronik mit Mikroprozessor und Steuerungs-/Auswertesoftware, dadurch gekennzeichnet, daß das Mikrosystem den Träger oder andere Personen über in die Maske eindringende Schadstoffe informiert.
2. Atemschutzmaske nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Sensorsystem von außen an der Außenhaut der Maske befestigt ist und das gasempfindliche Sensorelement durch eine Öffnung mit dem Augenraum der Schutzmaske gastechnisch in Verbindung steht.
3. Atemschutzmaske nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß sich das Sensorsystem außerhalb der Atemschutzmaske befindet und über eine gasdurchlässige Verbindung (z.B. eine Schlauchverbindung) mit dem Augenraum der Atemschutzmaske verbunden ist.
4. Atemschutzmaske nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Gastransport vom Innenraum der Maske zum Sensorsystem über eine über die Atmung betriebene Pumpe erfolgt.
5. Atemschutzmaske nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Gastransport vom Innenraum der Maske zum Sensorsystem mit Hilfe einer elektrisch betriebenen Pumpe oder einem Kleinventilator erfolgt.
6. Atemschutzmaske nach Anspruch 1 und mindestens einem der Ansprüche 2 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die ordnungsgemäße Funktion des Sensorsystems optisch oder akustisch angezeigt wird.
7. Atemschutzmaske nach Anspruch 1 und mindestens einem der Ansprüche 2 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß in die Maske eindringende Schadstoffe optisch und (oder) akustisch signalisiert werden.
8. Atemschutzmaske nach Anspruch 1 und mindestens einem der Ansprüche 2 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß in die Maske eindringende Schadstoffe über einen Vibrationsalarm signalisiert werden.
9. Atemschutzmaske nach Anspruch 1 und mindestens einem der Ansprüche 2 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß das Eindringen von Schadstoffen in die Maske dem Träger durch einen elektrischen Reiz signalisiert wird
10. Atemschutzmaske nach Anspruch 1 und mindestens einem der Ansprüche 2 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß die nicht ordnungsgemäße Funktion des Sensorsystems und in die Maske eindringende Schadstoffe über eine Funkverbindung an eine Zentralstelle gemeldet werden. Bei der Verwendung mehrerer Masken mit Funkübertragung werden diese zur Unterscheidung digital kodiert.
11. Atemschutzmaske nach Anspruch 1 und mindestens einem der Ansprüche 2 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß die vom Sensorsystem erzeugten Signale in einem Analog- oder Digitalspeicher zur zusätzlichen späteren Auswertung gespeichert werden (black box).
12. Atemschutzmaske nach Anspruch 1 und mindestens einem der Ansprüche 2 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß bei Eindringen von Schadstoffen in die Maske auf einen zweiten Filter umgeschaltet wird.

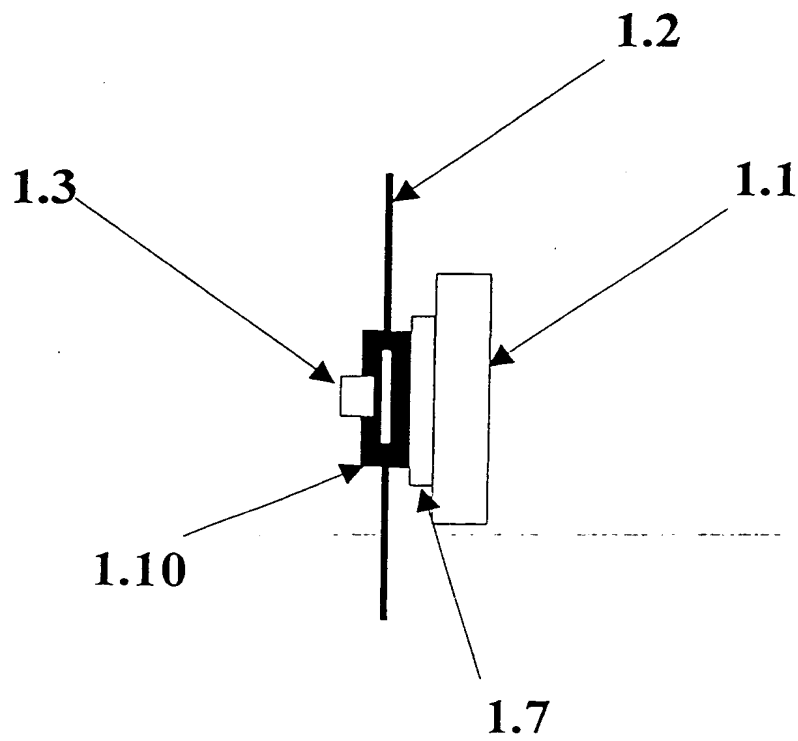
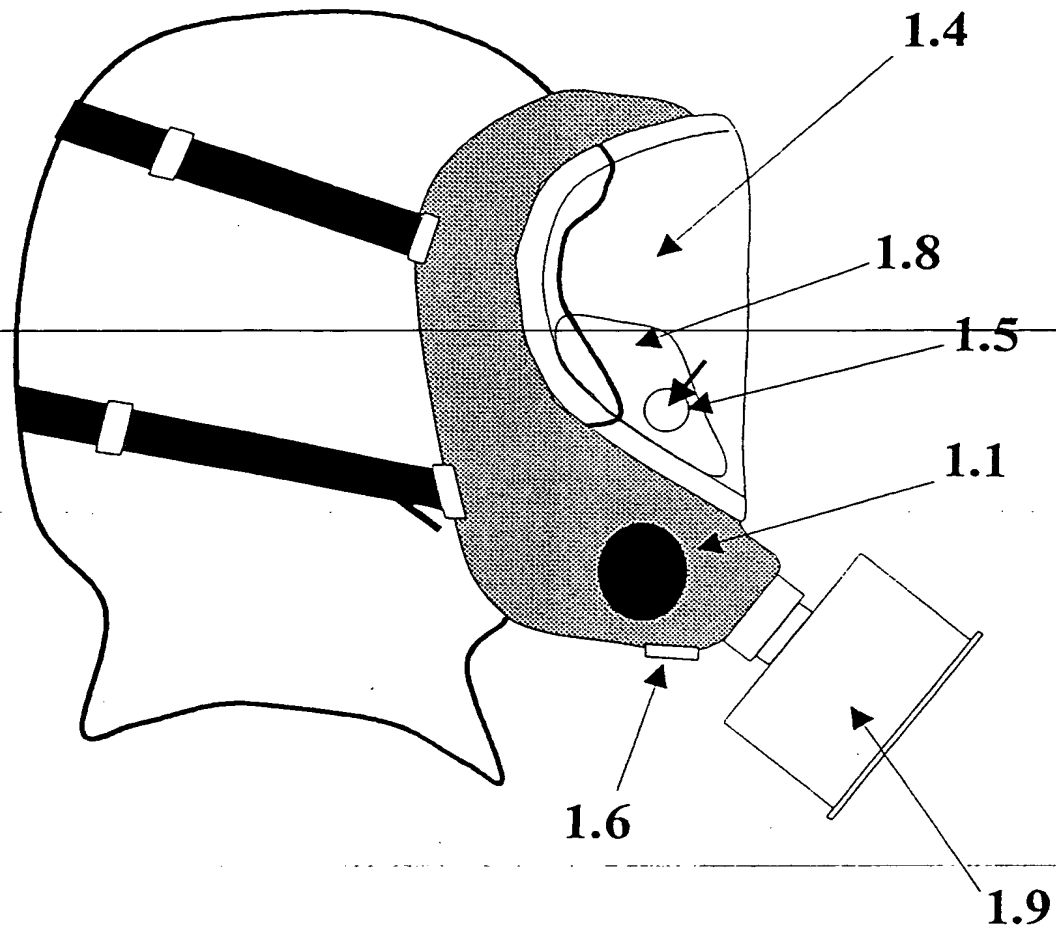
## Neuartige Atemschutzmaske

15.03.99

13. Atemschutzmaske nach Anspruch 1 und mindestens einem der Ansprüche 2 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß bei Eindringen von Schadstoffen in die Maske die Maske aus einem mit komprimierter Luft oder Sauerstoff gefüllten Behälter belüftet wird.
14. Atemschutzmaske nach Anspruch 1 und mindestens einem der Ansprüche 2 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß mit Hilfe des Sensorsystems die Atmung des Trägers überwacht wird und bei Veränderung vorgegebener Parameter (z.B. Atemstillstand) ein Alarmsignal optisch, akustisch und (oder) über eine kodierte Funkverbindung übermittelt wird.
15. Atemschutzmaske nach Anspruch 1 und mindestens einem der Ansprüche 2 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Maske mit einem zusätzlichen Sensorsystem ausgestattet ist, das die Außenluftqualität überwacht und bei Erreichen vorgegebener ~~Schadstoffkonzentrationen einen Voralarm liefert, der den Maskenträger darüber informiert, daß er sich in einer mit Schadstoffen belasteten Umgebung befindet.~~
16. Atemschutzmaske nach mindestens einem der Ansprüche 1-15, dadurch gekennzeichnet, daß, es sich bei dem im Mikrosystem integrierten Sensorelement um einen beheizten Metalloxidsensor handelt, der sich in einem isothermischen Gehäuse befindet und der Gasaustausch über eine Diffusionsschicht erfolgt.
17. Atemschutzmaske nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, daß die Diffusionsschicht aus einem Sintermaterial mit glasartiger oder metallischer Struktur besteht.
18. Atemschutzmaske nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, daß die Diffusionsschicht aus einer gasdurchlässigen Kunststoffolie besteht
19. Atemschutzmaske nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, daß die Kunststoffolie aus Teflon (PTFE) besteht.
20. Atemschutzmaske nach Anspruch 16, sowie mindestens einem der Ansprüche 17 bis 19, dadurch gekennzeichnet, daß der Metalloxidsensor über eine strukturierte Platinschicht beheizt wird und daß der elektrische Widerstand der Platinstruktur als Regelgröße für die Temperatur der gassensitiven Wirkschicht verwendet wird.
21. Atemschutzmaske nach Anspruch 16, sowie mindestens einem der Ansprüche 17 bis 20, dadurch gekennzeichnet, daß die Änderung der komplexen, frequenzabhängigen Impedanz  $Z(\omega) = R + i\omega L + 1/i\omega C$  der gassensitiven Wirkschicht, als Sensorsignal auf die Änderung der Gaszusammensetzung verwendet wird.
22. Atemschutzmaske nach Anspruch 16, sowie mindestens einem der Ansprüche 17 bis 21, dadurch gekennzeichnet, daß die Änderung des elektrischen Widerstands R der gassensitiven Wirkschicht als Sensorsignal auf die Änderung der Gaszusammensetzung verwendet wird.
23. Atemschutzmaske nach Anspruch 16, sowie mindestens einem der Ansprüche 17 bis 23, dadurch gekennzeichnet, daß die Temperatur der gassensitiven Wirkschicht nicht konstant gehalten wird, sondern abhängig vom Sensorsignal eine Störgrößenaufschaltung erfolgt, mit dem Ziel die Temperatur kurzzeitig zu erhöhen, um so Störeinflüsse von tatsächlichen Änderungen der Gaszusammensetzung zu trennen.
24. Atemschutzmaske nach Anspruch 16, sowie mindestens einem der Ansprüche 17 bis 23, dadurch gekennzeichnet, daß aus den zeitlich zurückliegenden Sensorsignalen, wie sie in den Ansprüchen 7 und 8 beschrieben sind, ein Mittelwert gebildet wird und aus diesem Mittelwert ein Referenzwert für den jeweils aktuellen Sensorwert gebildet wird. Für den Zeitraum der Störgrößenaufschaltung gemäß Anspruch 9 wird die Mittelwertbildung vorteilhaft ausgesetzt.

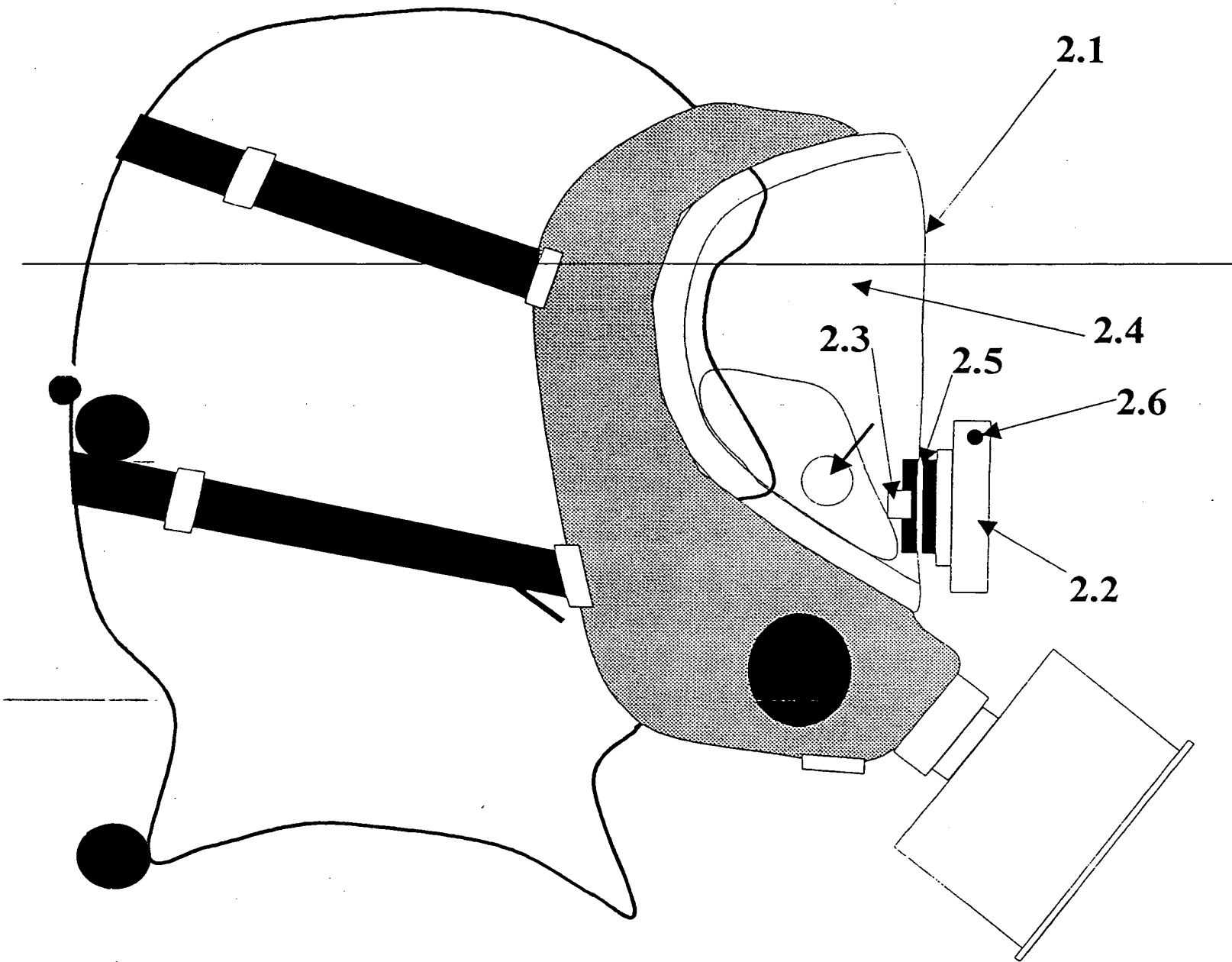
## Neuartige Atemschutzmaske

25. Atemschutzmaske nach Anspruch 16, sowie mindestens einem der Ansprüche 17 bis 24, dadurch gekennzeichnet, daß zur Bildung des Referenzwertes aus dem Mittelwert die Kennlinie des Sensorelementes berücksichtigt wird.
26. Atemschutzmaske nach Anspruch 16, sowie mindestens einem der Ansprüche 17 bis 25, dadurch gekennzeichnet, daß für das Ziel der Detektion oxidierbarer Luftinhaltsstoffe, für den Zeitraum, in dem der aktuelle Sensorwert kleiner als der aus dem Mittelwert gebildete Referenzwert ist, die Mittelwertbildung aussetzt und der alte Referenzwert beibehalten wird.
27. Atemschutzmaske nach Anspruch 16, sowie mindestens einem der Ansprüche 17 bis 26, dadurch gekennzeichnet, daß für das Ziel der Detektion reduzierbarer Luftinhaltsstoffe, für den Zeitraum, in dem der aktuelle Sensorwert größer als der aus dem Mittelwert gebildete Referenzwert ist, die Mittelwertbildung aussetzt und der alte Referenzwert beibehalten wird.
28. Atemschutzmaske nach Anspruch 16, sowie mindestens einem der Ansprüche 17 bis 27, dadurch gekennzeichnet, daß die Temperatur der Heizstruktur zyklisch (z.B. alle 30 Sekunden) kurzzeitig für einige Sekunden (z.B. 2 Sekunden) erhöht wird. Der Vergleich und die Auswertung der Sensorsignale vor, während und nach der Temperaturerhöhung ergeben qualitative Hinweise auf die Anwesenheit zusätzlicher oxidierbarer (reduzierbarer) Luftinhaltsstoffe. In diesem Fall wird die Mittelwertbildung zur Ermittlung des Referenzwertes ebenfalls ausgesetzt.

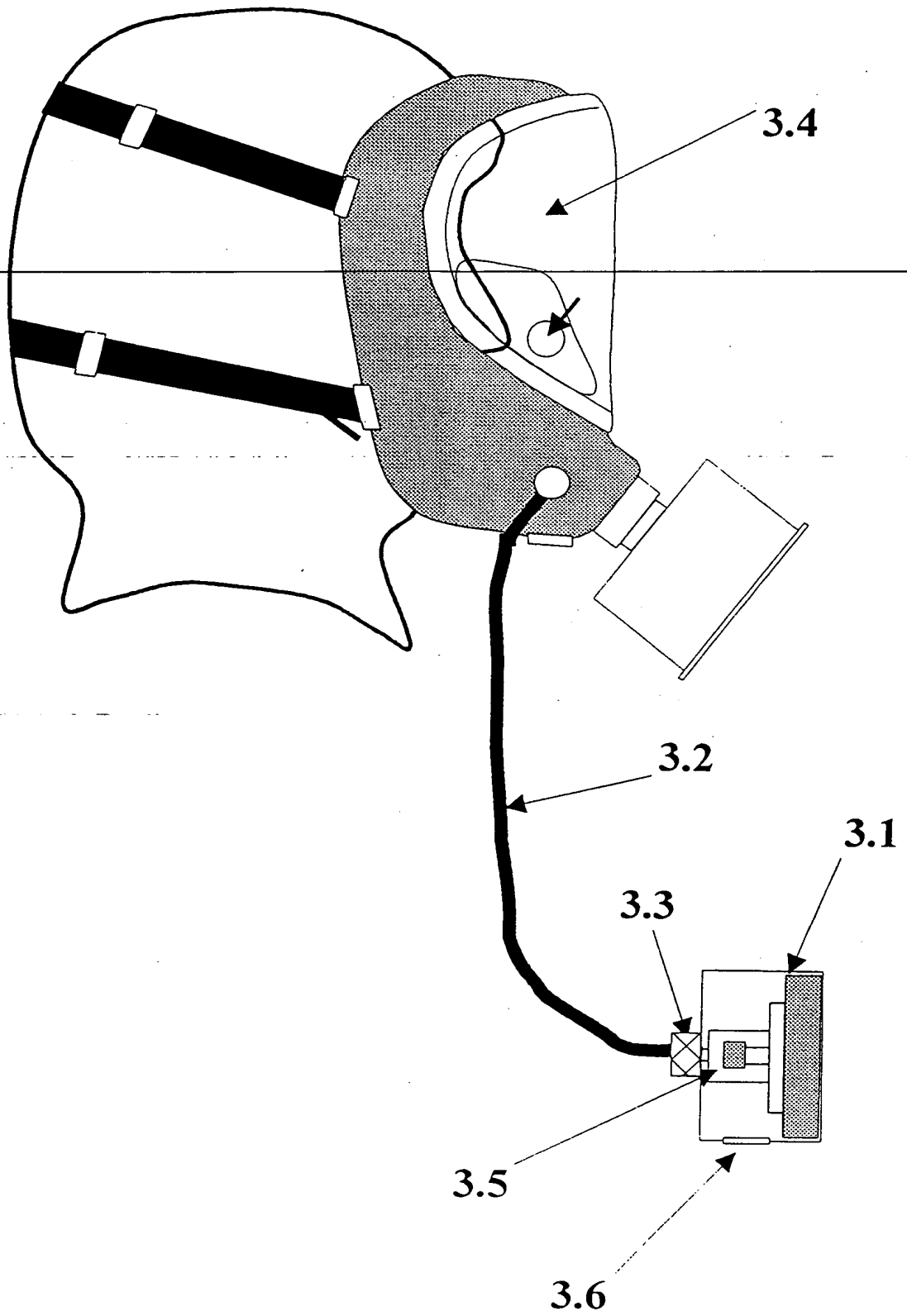


M 15.01.00

Abbildung 2/10.







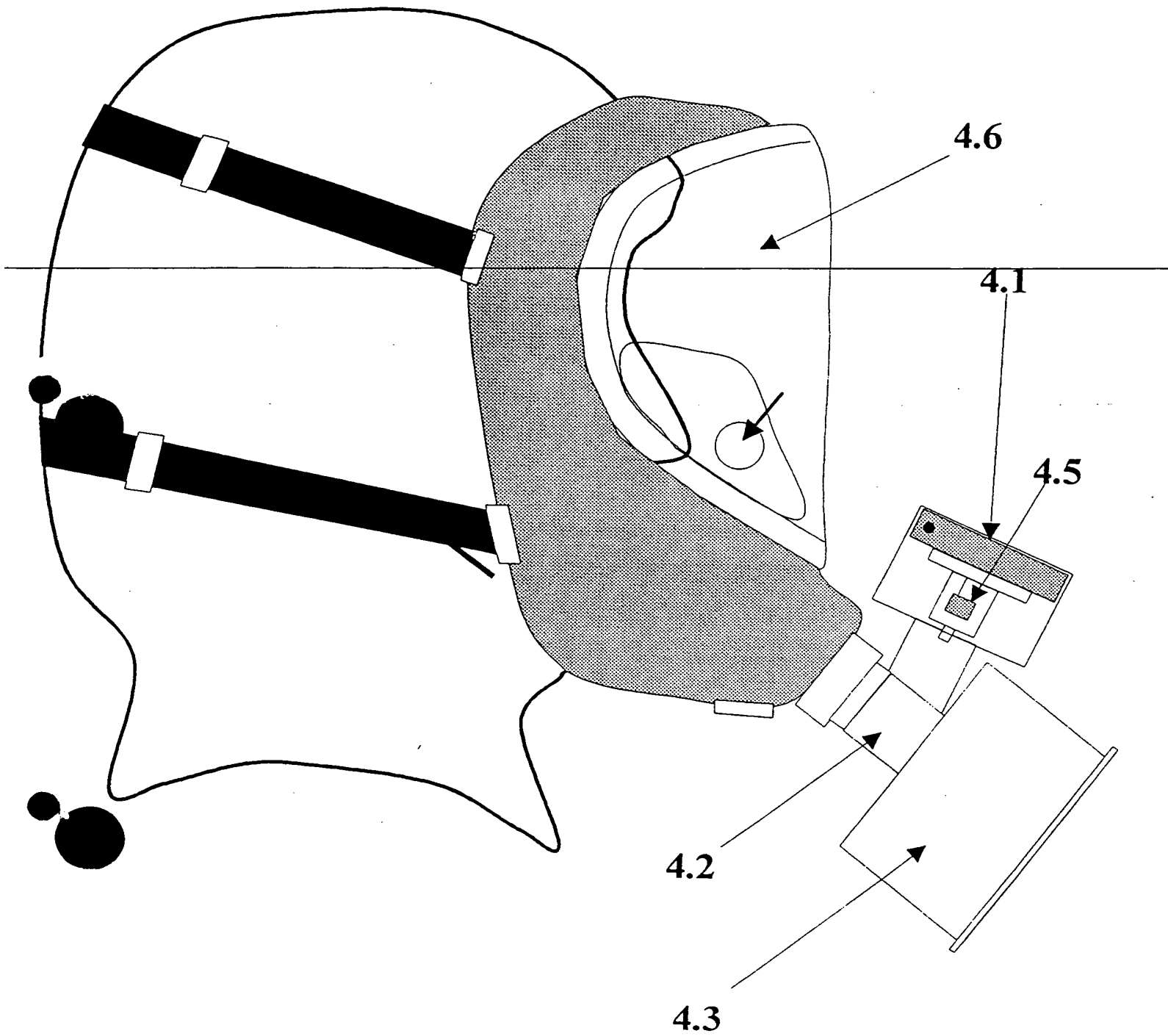
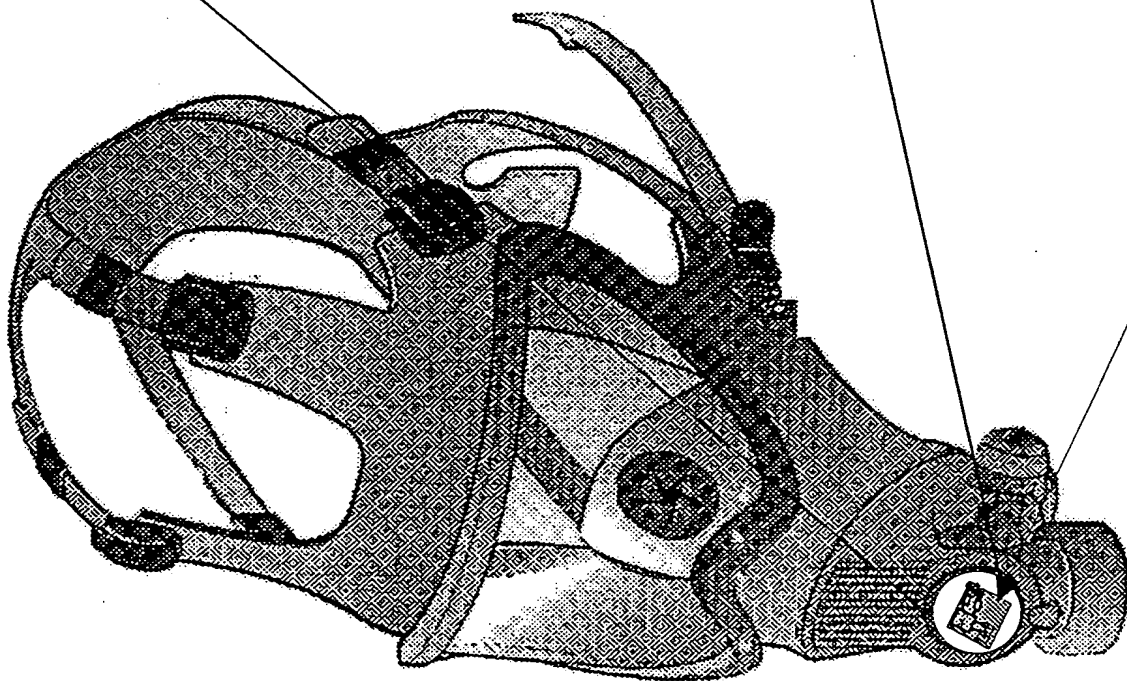


Abbildung 5/10



5.1

5.3

5.2

5.4

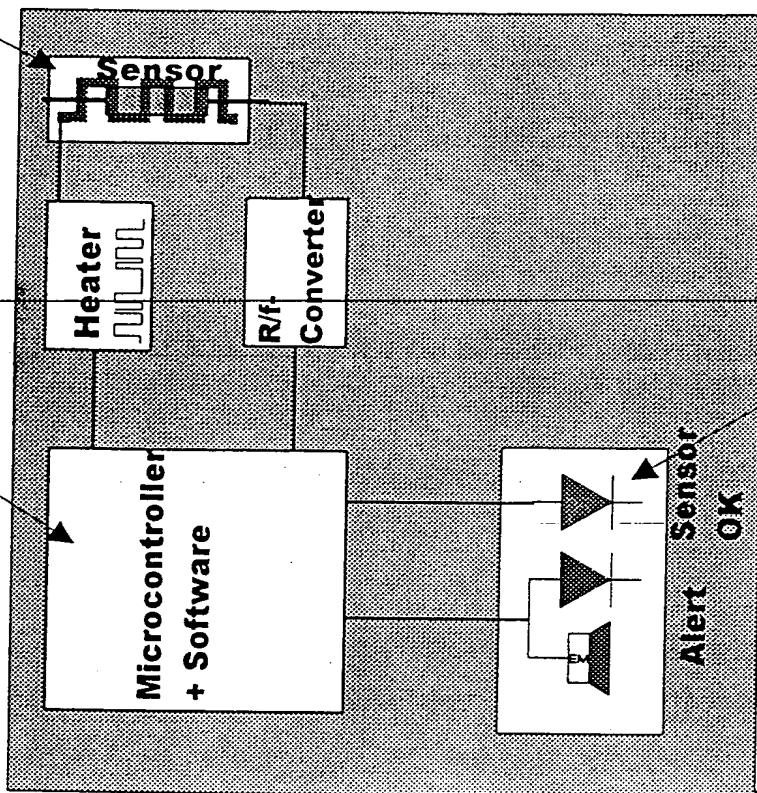


Abbildung 6/10

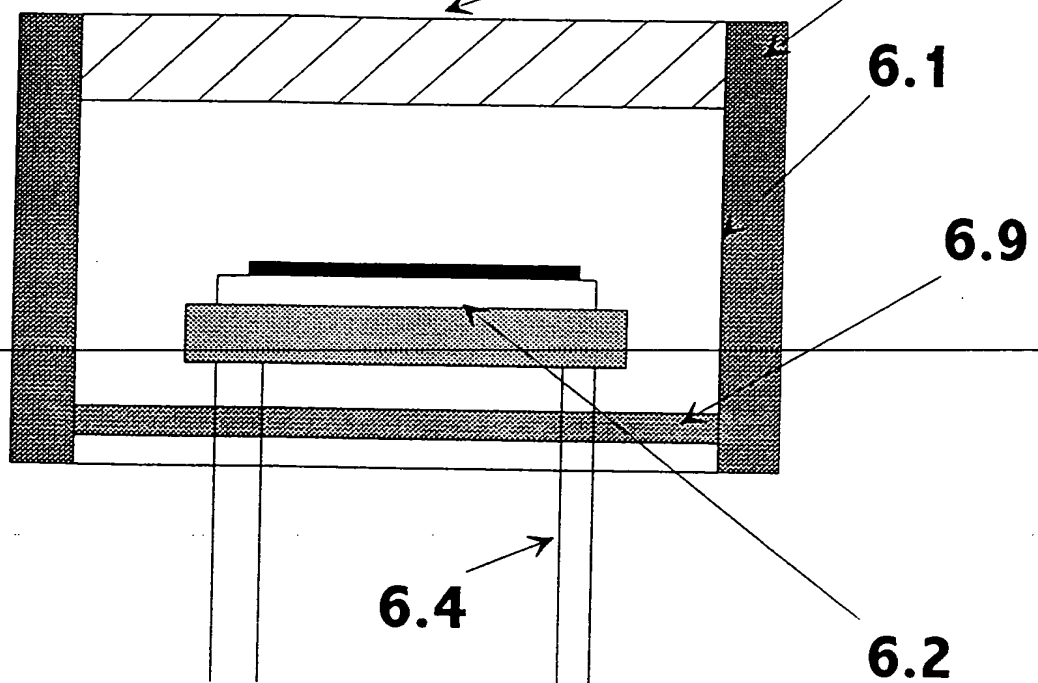
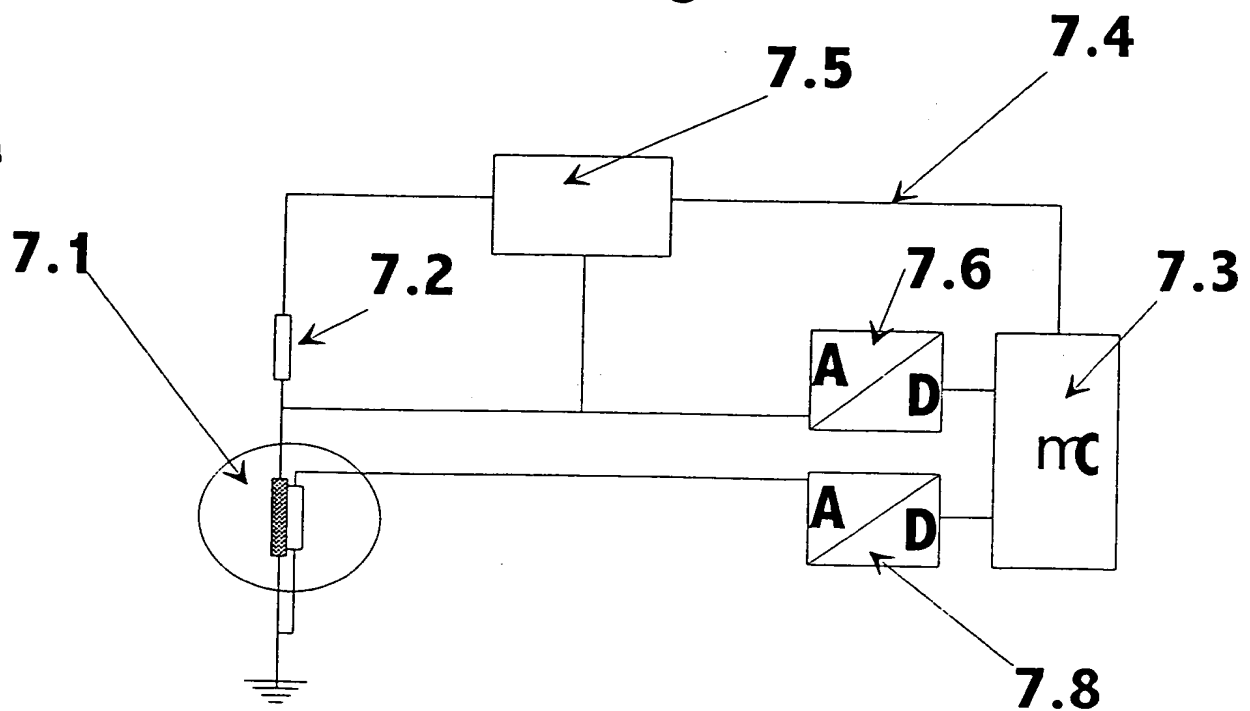


Abbildung 7/10



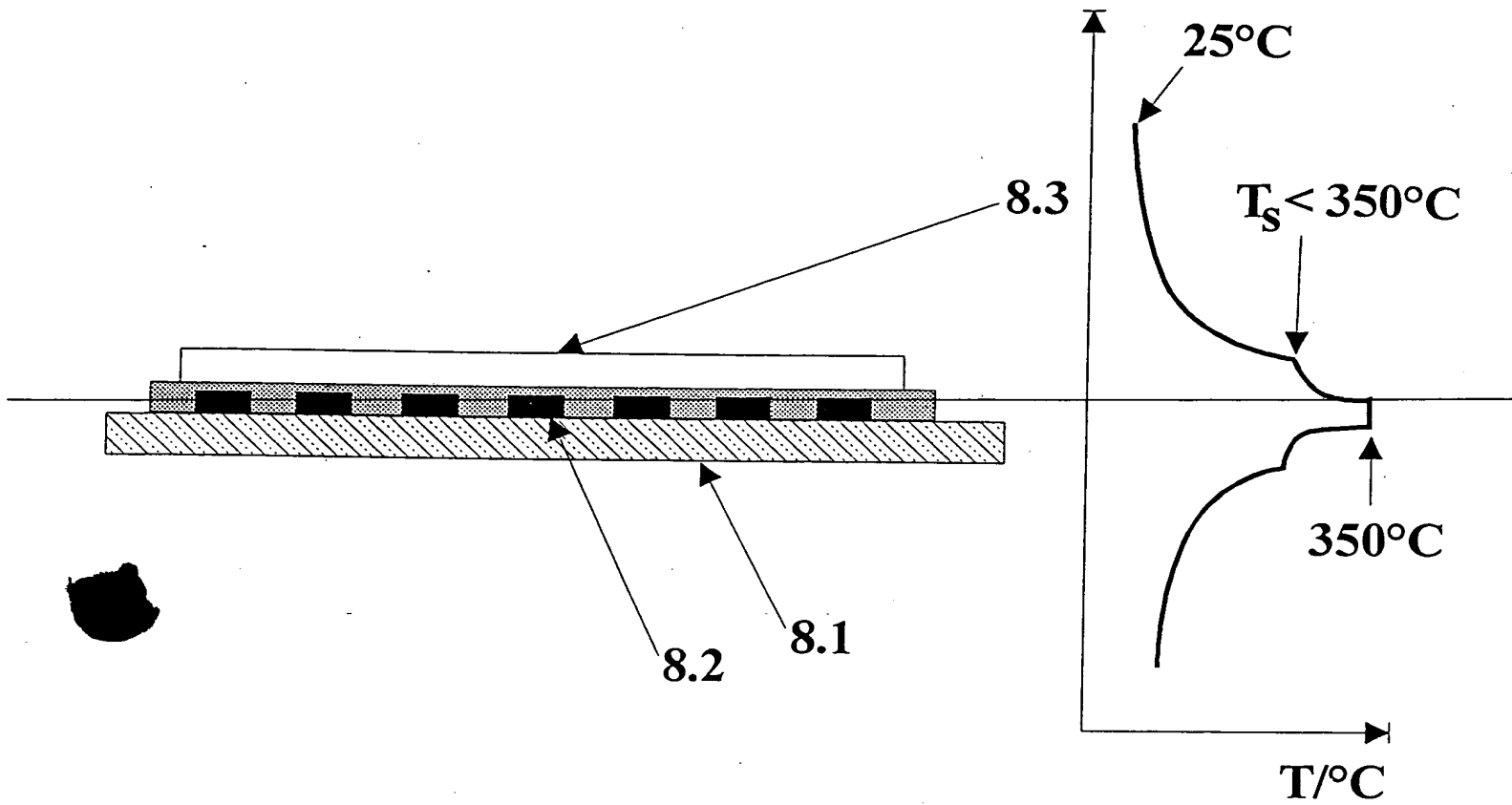


Abbildung 9/10.

